

DYNAMIQUE DE LA COLONISATION DES MORAINES LATÉRALES HISTORIQUES DU GRAND GLACIER D'ALETSCHE PAR DES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX PIONNIERS. PEDOGENESE INITIALE

par Monique Paternoster ¹

ZUSAMMENFASSUNG

Entwicklung der Wiederbesiedlung der historischen Seitenmoränen des Grossen Aletschgletschers durch Pionierpflanzengesellschaften

Die Autorin hat die Entwicklung der Jungen Böden auf der linken Seitenmoräne (schattthang) des Grossen Aletschgletschers untersucht. Das Untersuchungsgebiet liegt in der subalpinen Stufe, die an dieser Stelle durch den Arven-Lärchenwald als Klimaxgesellschaft vertreten wird. Die Autorin zeigt, dass die Entwicklung der Vegetation und der Böden wesentlich von der Instabilität des Bodensubstrates und des Wasserregimes abhängt. Seit dem letzten Eishochstand (um 1850) haben sich parallel zur Absenkung des pH-Wertes von 7,5 auf 4,5 schrittweise drei Entwicklungsstadien gebildet, die als Vorstufen zur Klimaxgesellschaft gesehen werden können:

1. Stadium mit sehr «offener» Pioniervegetation, mit ausserordentlich entwickeltem Wurzelsystem und einem mineralischen Rohboden, bei dem die physikalischen Eigenschaften vorherrschen.
2. Zwischenstadium mit starker Konkurrenz der Pflanzen bezüglich Raum und Nährstoffversorgung. Es hat sich ein rankerähnlicher Boden gebildet.
3. Stadium mit nahezu geschlossener Vegetationsdecke, mit säurebildender Streuschicht, die auf beginnende Podzolierung hinweist.

Die Autorin zeigt schliesslich, dass die Differenzierung bei den Böden weniger rasch vorangeht, als bei der Vegetation, dass die Zunahme der feinen Bodenfraktion an die physikalisch-chemische Verwitterung gebunden ist (Zunahme der Auswaschungsrückstände), dass die ältesten Böden (130 Jahre) mit Kalzium angereichert sind, das aus der im Boden verwitternden Plagioklase stammt und dass die Verwitterung der phyllitischen Fraktion ein erhöhter Anteil an Aluminiumzwischenlagen im Verwitterungsmaterial zur Folge hat.

¹ 16, rue de la Colombe, F-57100 Thionville, France.

De l'observation d'un groupement végétal naturel dans son milieu et de son étude, il ressort d'abord une sensation, puis une certitude, de l'existence d'un certain équilibre entre les différents éléments biophysiques de l'écosystème. Cet état est temporaire; tout groupement évolue selon une dynamique plus ou moins rapide, en fonction des facteurs climatiques et stationnels.

INTRODUCTION

La réserve d'Aletsch, dont le principal groupement climacique est la forêt d'aroles et de mélèzes (*Rhododendro-Cembretum*), est située à l'étage subalpin.

En contre-bas du peuplement forestier ancien (antérieur aux crues glaciaires de 1600 et 1850), le Grand Glacier d'Aletsch libère depuis 130 ans des moraines latérales. Milieux neufs, de nature essentiellement silico-alumineuse, de granulométrie hétérogène, elles s'éten-daient (en 1980) entre 1780 et 1950 m d'altitude dans la zone prospectée, sur le versant exposé au NW (PATERNOSTER, 1981).

A la suite des travaux de LÜDI (1945) et de RICHARD (1968, 1975), le long de cette «chronotoposéquence» établie grâce à la datation des moraines historiques, nous avons suivi les principales phases de colonisation de ces pierriers et leur évolution vers le *Rhododendro-Cembretum*. Aux diverses étapes de la colonisation, la proche présence de groupements stationnels nous a permis d'établir une certaine hiérarchie entre les principaux facteurs écologiques responsables du devenir de la végétation.

Parallèlement à l'étude de la couverture végétale, nous avons suivi les phases initiales de la pédogénèse de ces milieux.

PRINCIPALES PHASES DE L'ÉVOLUTION CLIMACIQUE DE LA VÉGÉTATION ET DE LA PEDOGENESE

Choix des stations et caractéristiques

Les stations sont disposées régulièrement entre la crête des moraines historiques (dernière crue importante: 1850) et le bord du glacier selon une ligne perpendiculaire à l'axe de ce dernier. Les plus anciennes ont été choisies à proximité des placettes permanentes établies

par LÜDI (LÜDI, 1945). La station correspondant au peuplement climatique sur moraine würmienne est située dans le même alignement (cf. figure 1).

N° de la station	Altitude (m)	Age moyen des dépôts
Station 1	1780	5 ans
Station 3	1863	50 ± 5
Station 7	1985	120 ± 10
Station de la moraine ancienne	2130	8000

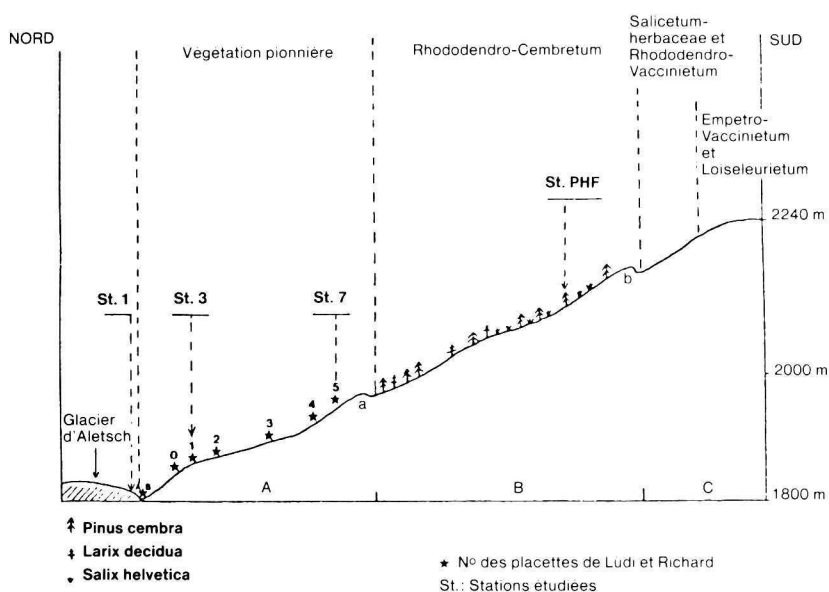


Fig. 1. Chronotoposéquence. Végétation et situation des placettes (d'après RICHARD, 1973).

Chronotoposequenz. Vegetation und Lage der Testflächen (nach RICHARD, 1973).

Cordons morainiques: a : 1800-1850 après J.-C. (et localement 1600)
b : 8500 avant J.-C.

Moraines: A: «Historiques»
B: «Anciennes» - post-würmiennes: Stade Daun
C: «Anciennes - post-würmiennes: Stade Gschnitz
10 000 avant J.-C.

La jeunesse des moraines récentes se traduit par des variations microtopographiques accentuées: les vallums glaciaires alternent avec des éboulis instables et des complexes de roches moutonnées.

Seuls les éboulis drainés ont été retenus pour situer ces stations. Ce sont, pour la plupart, des hauts de pente faible (10 %); l'eau y circule sans s'accumuler.

Dynamique climacique de la végétation (voir fig. 1)

Le long de la chronotoposéquence, sur les moraines récentes («historiques»), on distingue assez nettement trois phases préliminaires à l'installation de la forêt climacique:

- à proximité du glacier, dès 4 à 5 ans après leur libération par la masse de glace, les éboulis instables sont colonisés par des végétaux-pionniers dont la majorité appartient au *Thlaspietea rotundifolii*. Ces groupements très «ouverts» recouvrent les moraines historiques jusqu'à une altitude voisine de 1850 m dans la zone étudiée, soit durant une période de 20 ans environ. Les plantes se distinguent par un système racinaire extraordinairement développé,

- entre 1850 et 1935 m, surface correspondant à des terrains âgés de 20 à 80 ans, les dépôts morainiques sont recouverts d'une mosaïque de groupement imbriqués les uns dans les autres, traduisant la multitude des microstations de ce secteur. Une concurrence spatiale et nutritionnelle s'instaure entre les espèces; la végétation herbacée et arbustive (souvent de nature améliorante) succédant aux pionniers, se trouve peu à peu éliminée par les espèces forestières des groupements préclimaciques. Celles-ci apparaissent à la faveur d'un tapis muscinal, encore morcelé, qui retient les particules fines du sol superficiel. Au-dessus de 1900 m d'altitude, il n'y a presque plus d'espèces calcicoles,

- dans la partie sommitale des moraines historiques, au-dessus de 1935 m d'altitude, les débris morainiques sont maintenant relativement bien stabilisés. La couverture végétale, presque continue, estompe les variations microstationnelles. Les espèces sont moins nombreuses, car le milieu plus homogène devient plus sélectif. Les divers groupements s'apparentent déjà au peuplement du climax subalpin; la litière des éricacées et des jeunes conifères s'accumule à la surface des blocs et cailloux favorisant la germination et la croissance de plantes tolérant l'acidité.

Dans ces milieux morainiques bien drainés, le devenir de la végétation dépend de deux facteurs essentiels:

- l'**instabilité du substrat**, due d'abord à sa jeunesse, puis à sa granulométrie grossière,
- la **circulation de l'eau**, en surface et en profondeur, et la constitution d'une **réserve hydrique** accessible aux plantes.

Amorce et étapes initiales de la pédogénèse en milieu drainé

Morphologie des profils de sol (Planches 1-4)

Progressivement masqué par le tapis végétal de plus en plus acidifiant, le substrat évolue au cours du temps, depuis un **sol minéral brut**, à profil non différencié, en bordure du glacier (Planche 1) jusqu'à un **podzol humo-ferrugineux**, aux horizons nettement distincts, sur moraine würmienne et sous forêt climacique (Planche 4).

Il faut attendre au moins 50 ans (Planche 2) pour observer un **ranker alpin** dont l'horizon organo-minéral A₁ C atteint à peine 2 cm d'épaisseur. Après un stade de **ranker ocreux**, aux alentours de 80 ans, les premières phases de **sol podzologique** deviennent perceptibles, au bout de 110 à 120 ans. Le profil, d'une épaisseur moyenne de 30 cm, montre un liseré décoloré (A₂) sous l'horizon humifère (A₁) et un horizon d'altération et de redistribution (B) plus ocre sous l'horizon appauvri (Planche 3).

La différenciation des profils de sols est moins sensible et moins rapide que celle de la végétation.

Evolution des caractéristiques biogéochimiques (Planche 4)

Ici, l'avance de la végétation sur la transformation des fractions minérales est encore plus remarquable :

Seuls les sols âgés de plus de 80 ans montrent, dans leurs horizons supérieurs, des différences significatives entre leurs caractéristiques et celles du matériau d'origine. L'interface végétation-substrat minéral, en relation avec le degré de recouvrement végétal, est déterminante pour le devenir des sols.

Allant de pair avec une baisse du pH et une légère désaturation du complexe absorbant dont la capacité d'échange croît, la teneur en matière organique incorporé augmente. Dans les stades les plus anciens, le rapport C/N traduit le caractère peu dégradable du matériel



Fig. 2. La placette 0 (= St. 2, 1805 m) photographiée le 8 août 1976 (Photo Jean-Louis Richard).

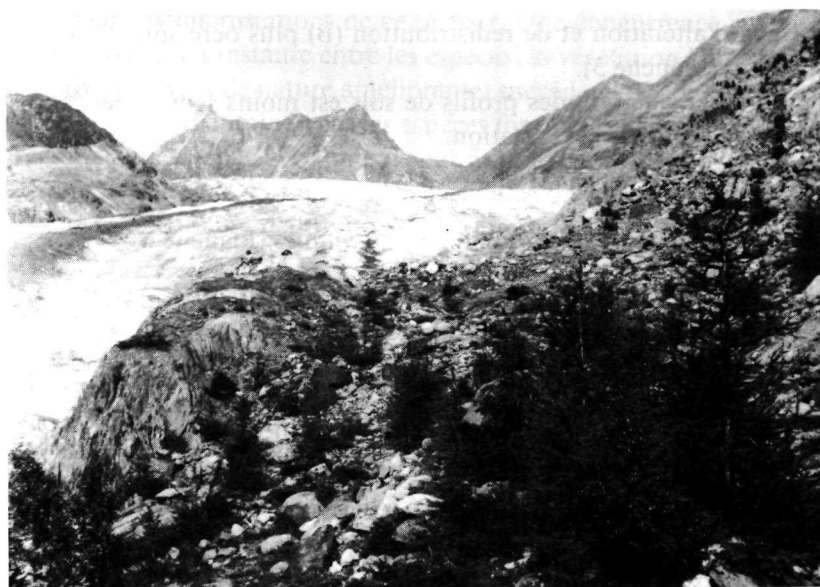


Fig. 3. La placette 1 (= St. 3, 1863 m) photographiée le 8 août 1976 (Photo Jean-Louis Richard).

frais, riche en débris ligneux, et son accumulation. Soulignons aussi l'apparition de Mn^{2+} échangeable dans les horizons de surface des profils les plus anciens (profil P.7.6. Planche 3).

Evolution de la matière organique

Même pour les sols jeunes les plus évolués (120 ans), les critères classiques de différenciation: brunification-podzolisation restent peu applicables (BONNEAU et SOUCHIER, 1979). On relève toutefois qu'en l'absence d'un complexe argilo-humide constitué, la **fraction humifiée extractible reste faible** et l'**humine est surtout héritée**; le taux d'éléments métalliques extraits au pyrophosphate tend à augmenter. L'altération commençante se traduit par une **mobilisation, sans redistribution du fer, à l'état amorphe**.

Evolution de la fraction minérale (Planches 1, 2, 3)

Après une vingtaine d'années, sous l'action de phénomènes d'érosion-colluvionnement et de gravité et sous l'effet de la couverture végétale, le mélange hétérogène de matériaux instables et sans granoclasement tend à s'homogénéiser.

La pierrosité diminue avec l'âge et avec la profondeur du sol.

L'étude granulométrique des profils de sol montre que la roche-mère n'est plus le matériel morainique déposé récemment, mais son **résidu de lavage**. Cet ensemble de texture sablo-limoneuse s'enrichit en particules fines par microdivision. Limons et argiles seront à l'origine du complexe argilo-humide naissant, en subissant un début d'altération physico-chimique sous une végétation de plus en plus acidiphile.

Quant à l'évolution minéralogique du matériau morainique, son étude qualitative met en évidence l'**incorporation de calcium, en provenance de plagioclases**, à l'ébauche du complexe absorbant des sols les plus anciens (Planche 3). Les horizons d'altération et de redistribution montrent une **proportion croissante d'interstratifiés alumineux**. Cette vermiculisation progressive est une phase initiale d'altération de la fraction phylliteuse, mais elle est commune à la brunification et à la podzolisation.

CONCLUSION

En milieux drainés, depuis les stades pionniers jusqu'au stade pré-climacique, **la colonisation végétale des dépôts morainiques progresse plus rapidement que la pédogénèse**. Au cours des premières années, la couverture végétale est plus sensible aux variations microstationnelles. Cette période correspond à une **phase prépédologique** pendant laquelle les phénomènes physiques (jeunesse et instabilité du substrat, influence glaciaire) sont essentiels. Ensuite seulement, les facteurs bioclimatiques deviennent prépondérants.

La couverture végétale s'organise, la concurrence entre espèces s'instaure, le recouvrement augmente, se stratifie et s'homogénéise. Alors seulement, on commence à discerner les premières phases de la pédogénèse. Celles-ci apparaissent d'abord par une différenciation morphologique. Mais l'acidification en 120 ans, de pH 7 à pH 4,5, est sans doute le meilleur indice du mode d'évolution imposé par le bioclimat. A ses débuts, cette évolution s'exerce sur des réserves de minéraux altérables importants. Ceux-ci s'incorporent peu à peu au complexe d'altération, pour être ensuite soumis au milieu lessivant pour les bases puis pour le fer et l'aluminium. Même après 130 ans, l'altération n'est surtout visible qu'au **niveau rhizosphérique**. Elle se manifeste essentiellement sur la fraction phylliteuse ($< 2 \mu$) par une argilisation progressive, un soutirage des métaux alcalins (potassium K^+) et une augmentation des cations comme Ca^{++} , Mg^{++} et Al^{+++} . On assiste ainsi à une «calcification» du complexe d'altération et non pas à une dissolution des carbonates, comme le pensait LÜDI (1945). Tout se passe comme si on assistait à un rajeunissement de la fraction fine.

C'est pourquoi, même après 130 ans, la différenciation du profil reste peu marquée et l'expression des indices classiques de diagnostic de l'altération demeure faible, malgré l'installation indiscutable d'une végétation préclimacique acidifiante issue des groupements pionniers stabilisateurs et édificateurs des éboulis mobiles et poreux.

On retrouve donc le schéma connu (DUCHAUFOR, 1977) selon lequel la progression de la colonisation végétale vers le climax est plus rapide que la différenciation des humus qui précède aussi les phases initiales de pédogénèse. **L'interface rhizosphère-débris morainique est essentielle** et c'est dans ces sites qu'il faudra chercher les critères de différenciation des processus pédologiques.

Résumé

L'auteur a étudié la dynamique des sols juvéniles sur la moraine latérale gauche (ombragée) du Grand glacier d'Aletsch à l'étage subalpin où le climax est représenté par la forêt d'Aroles et de Mélèzes. Elle a montré que la dynamique de la végétation et des sols dépend essentiellement de l'instabilité du substrat et du régime de l'eau. Ainsi, au cours des 130 années écoulées depuis la dernière culmination du glacier (vers 1850) et parallèlement à l'abaissement du pH de 7,5 à 4,5, on distingue successivement 3 stades préliminaires précédant l'installation du climax, à savoir: 1) un stade à végétation pionnière très «ouverte» à système racinaire extraordinairement développé et correspondant à un sol minéral brut où les phénomènes physiques prédominent, 2) un stade intermédiaire où la concurrence spatiale et nutritionnelle s'instaure (apparition des premières espèces ligneuses et des mousses) et correspondant à un ranker alpin, 3) enfin un stade évolué où la couverture végétale presque continue et sa litière acidifiante correspondent aux premiers stades d'un sol podzolique. L'auteur a démontré enfin: 1) que la différenciation des profils de sols est moins rapide que celle de la végétation; 2) que l'augmentation des fractions fines dans le sol est due à l'altération physico-chimique (augmentation des résidus de lavage); 3) que le complexe absorbant des sols les plus anciens (130 ans) s'enrichit en calcium provenant de l'altération sur place des plagioclases; 4) que l'altération de la fraction phylliteuse se traduit par une proportion croissante d'interstratifiés alumineux.

Bibliographie

- BONNEAU, M. et B. SOUCHIER, 1979. *Pédologie 2. Constituants et propriétés des sols*. Masson, Paris.
- DUCHAUFOR, Ph. 1977. *Pédologie. I. Pédogénèse et classification*. Masson, Paris.
- LÜDI, W. 1945. *Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des grossen Aletschgletschers*. Ber. Geobot. Forschung. Rübel für das Jahr 1944, Zürich.
- PATERNOSTER, M. 1981. *Colonisation par la végétation et pédogénèse initiale sur les moraines latérales historiques du Grand Glacier d'Aletsch*. Thèse de Doctorat de 3^e cycle. Université de Nancy I, 101 pp.
- RICHARD, J.-L. 1968. *Les groupements végétaux de la réserve d'Aletsch*. Mat. levé géobot. Suisse 51.
- 1973. *Dynamique de la végétation au bord du Grand Glacier d'Aletsch (Alpes suisses)*. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 83, 3: 159-174.

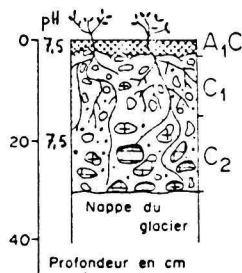
STATION: St 1 - Profil P.1.1.

Cf. Placette N (RICHARD)

ALETSCHEGLTSCHER - Blatt 3 (1/10 000) - NE de Silbersand (Rive gauche du glacier) (645.320/138.490)

Topographie: Replat
Altitude: 1780 m
Substrat: dépôts morainiques récents
Végétation: *Saxifraga aizoides*

Exposition: -



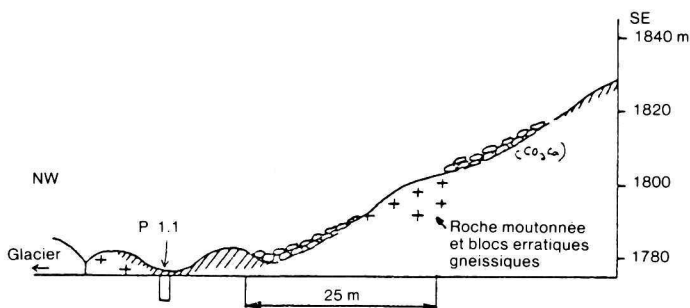
- (2,5 Y 7/2) Sables fins et graviers. Cohesion assurée par les racines de mousses. Limite nette avec C₁.
 (5 Y 7/2) Sablo-graveleux. Quelques éléments calcaires. Pas de structure. Très prospecté par les racines de *Saxifraga aizoides*. Dépôts d'éléments plus fins sur la face supérieure des graviers.
 (5 Y 7/2) Graveleux. Cailloux calcaires à contours plus émoussés que les cailloux siliceux. Dépôts de limons fins sur la face supérieure des cailloux. Quelques racines. Très humide par la présence de la nappe du glacier.

Prof.	Hor.	p *	Granulometrie % **					M.O.
			S.G.	S.F.	L.G.	L.F.	A	
0-1,5	A ₁ C	70	64	22	6	9	< 0,5	0,4
1,5-15	C ₁	80	62	20	8	8	0,5	0,1
15-30	C ₂	90	73	13	4	6	< 0,5	0,2

* P pierrosité en % du volume de sol extrait de la fosse.

** granulometrie en % de la terre fine < 2 mm.

Altitude	(m)	1780
Pente	(°)	30
Exposition		NW
Surface	(m ²)	4
Pierrosité: calcaire	(%)	0
blocs	(%)	5
Recouvrement: arbres	(%)	0
buissons, herbes	(%)	20
mousses, lichens, litière	(%)	5
Nombre d'espèces (Phanérogames)		4
<i>Saxifraga aizoides</i>		2-2
<i>Agrostis rupestris</i>		1-1
<i>Poa minor</i>		+2
<i>Epilobium Fleischeri</i>		+
Mousses: <i>Rhacomitrium canescens</i>		+



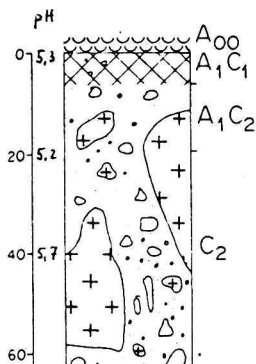
STATION: St 3 - Profil P.3.4.

Cf. Placette 1 (LÜDI)

ALETSCHGLETSCHER - Blatt 3 (1/10 000) - NE de Silbersand (645.450/138.390)

Topographie: Haut de pente
Altitude: 1863 m
Substrat: dépôts morainiques grossiers. Colluvium.
Végétation: *Larix decidua* (2,5 m de hauteur)

Exposition: NW



Aiguilles de Mélèzes tassées, mal décomposées. Reposent sur un lit de graviers. Quelques poches de litière dans l'horizon A1.

(2,5 Y 6/1) Sableux sous le lit de graviers. Pas de structure. V véritable A1 presque inexistant (environ 1 mm d'épaisseur). Quelques filaments mycéliens à la limite avec A0.

(10 YR 7/2) Sable grossier et fin, lavé. Pas de structure. Nombreuses racines fines. Pas de radicelles.

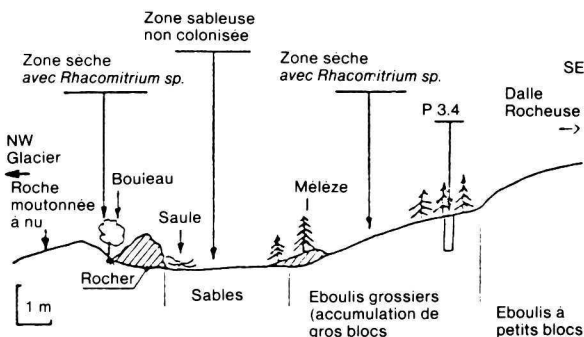
(2,5 Y 7/2) Beaucoup plus graveleux. Limite assez nette avec A1C2 par la diminution de la densité des racines et par l'augmentation du pourcentage de blocs et galets.

Prof.	Hor.	p *	Granulométrie % **					M.O.
			S.G.	S.F.	L.G.	L.F.	A	
0-7	A1C1	25	61,5	25,0	4,4	3,7	0,5	1,7
7-20	A1C2	20	74,5	16,5	3,6	2,4	0,6	0,2
20-35	C2	50	64,0	21,0	5,8	5,1	0,7	0,2

* P pierrosité en % du volume de sol extrait de la fosse.

** granulométrie en % de la terre fine < 2 mm.

Altitude	(m)	1865
Pente	(°)	42
Exposition		NW
Surface	(m²)	20
Pierrosité: calcaire	(%)	0
blocs	(%)	20
Recouvrement: arbres	(%)	5
buissons, herbes	(%)	40
mousses, lichens,		
litière	(%)	70
Nombre d'espèces (Phanerogames)		28
<i>Larix decidua</i>	1-1	
<i>Picea excelsa</i>	1-2	
<i>Pinus cembra</i>	+	
<i>Salix hastata</i>	1-1	
<i>Salix retusa</i>	1-2	
<i>Salix helvetica</i>	1-2	
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	1-2	
<i>Salix serpyllifolia</i>	+	
<i>Salix grandifolia</i>	+	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	+	
<i>Salix nigricans</i>	+	
<i>Poa nemoralis</i>	1-2	
<i>Deschampsia flexuosa</i>	1-1	
<i>Agrostis rupestris</i>	+	
<i>Poa alpina</i>	r	
<i>Luzula silvatica</i>	+	
<i>Lotus corniculatus</i>	2-2	
<i>Hieracium staticifolium</i>	2-1	
<i>Campanula cochlearifolia</i>	1-2	
<i>Epilobium Fleischeri</i>	1-1	
<i>Hieracium intybaceum</i>	1-1	
<i>Hieracium gr. murorum</i>	1-1	
<i>Hieracium pilosella</i>	+	
<i>Silene rupestris</i>	+	
<i>Euphrasia stricta</i>	+	
<i>Saxifraga aspera</i> ssp. <i>bryoides</i>	+	
<i>Saxifraga aizoon</i>	+	
<i>Sempervivum montanum</i>	r	
Mousses - Lichens		
dont		
<i>Rhacomitrium canescens</i>	4-4	
<i>Stereocaulon alpinum</i>		



STATION: St 7 - Profil P.7.6.

Cf. Placette 5 (LÜDI)

ALETSCHEGLETSCHER - Blatt 3 (1/10 000) - NE de Silbersand (645.100/138.660)

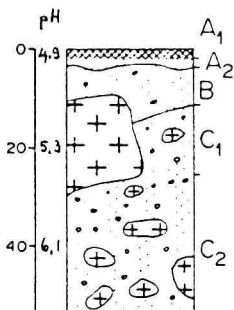
Topographie: Haut de pente (10 %)

Exposition: NW

Altitude: 1985 m

Substrat: dépôts sablo-graveleux sur dépôts morainiques plus grossiers.

Végétation: *Larix decidua* (10 m de haut), *Vaccinium myrtillus*, *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium gaultherioides*, *Salix helvetica*, *Empetrum hermaphroditum*.



L + F: peu de végétation. Peu de litière. Fibreux.

(5 Y 2/2) Moder - sable fin, couche d'humidification.

(2,5 Y 6/1) Décoloré. Grains lavés et altérés. Limite nette avec A₁ et B par la couleur.

(2,5 Y 7/2) Peu de cailloux. Essentiellement sableux. *Structure fluffy*. Limite nette avec C₁ par la différence de pierrosité.

(2,5 Y 7/2) Sablo-graveleux. Pas de cailloux altérés. Mycorhizes blanches sur les racines de Melezes.

(2,5 Y 7/2) Un peu durci. Légère accumulation de sables et limons fins. Pas de traces d'hydromorphie.

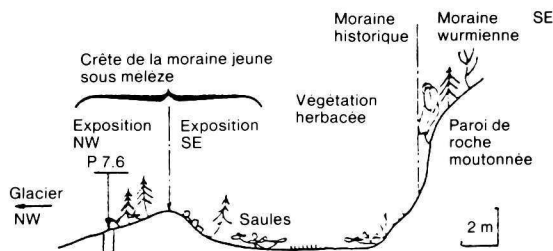
Prof.	Hor.	p *	Granulométrie % **					M.O.
			S.G.	S.F.	L.G.	L.F.	A	
0-1	A ₀ A ₁	0-20	1,5	1	1,6	1,5	0,8	68,3
1-3	A ₁	25	26,8	20,5	8,9	0,6	3,4	25,4
3-12	A ₂	0	38,5	28,8	13,2	9,7	1,6	1,6
12-30	B	30	38,0	26,8	14,4	11,2	1,8	0,7
30-50	C ₁	50	33,3	28,3	14,6	14,4	2,6	0,4
	C ₂	0-20	28,0	26,8	17,5	18,1	3,6	0,2

* P pierrosité en % du volume de sol extrait de la fosse.

** granulométrie en % de la terre fine < 2 mm.

Remarque: le chiffre en italique indique la pierration entre les gros blocs.

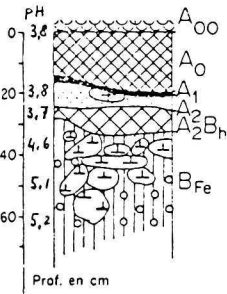
Altitude	(m)	1960
Pente	(°)	40
Exposition		NW
Surface	(m ²)	16
Pierrosité: calcaire	(%)	0
blocs	(%)	60
Recouvrement: arbres	(%)	10
buissons, herbes	(%)	75
mousses, lichens, litière	(%)	95
Nombre d'espèces (Phanérogames)		27
<i>Larix decidua</i>		1-1
<i>Picea excelsa</i>		+
<i>Pinus cembra</i>		+
<i>Salix helvetica</i>		1-2
<i>Rhododendron ferrugineum</i>		2-3
<i>Vaccinium myrtillus</i>		1-1
<i>Vaccinium gaultherioides</i>		1-1
<i>Salix hastata</i>		1-1
<i>Empetrum hermaphroditum</i>		1-2
<i>Salix glauca</i>		1-2
<i>Salix retusa</i>		1-2
<i>Salix serpyllifolia</i>		1-2
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>		1-1
<i>Deschampsia flexuosa</i>		+
<i>Poa alpina</i>		1-1
<i>Poa nemoralis</i>		1-1
<i>Luzula silvatica</i>		+
<i>Pyrola minor</i>		+
<i>Hieracium gr. murorum</i>		+
<i>Lotus corniculatus</i>		1-1
<i>Campanula cochlearifolia</i>		r
<i>Sempervivum montanum</i>		+
<i>Trifolium pallescens</i>		1-1
<i>Melampyrum pratense</i>		1-1
<i>Phyteuma betonicifolia</i>		+
<i>Euphrasia</i> sp.		r
<i>Saxifraga aspera</i> ssp. <i>bryoides</i>		r
Mousses - Lichens		5-4
dont		
<i>Polytrichum</i> sp.		



STATION: Moraine ancienne - Profil Podzol humo-ferrugineux

ALETSGLETSCHER - Blatt 3 (1/10 000)

Topographie:	Haut de pente (10 %)	Exposition:	NW
Altitude:	2130 m		
Substrat:	moraine ancienne		
Végétation:	boisement climatique <i>Rhododendro-Cembretum</i> .		



- L épaisseur: 2-3 cm.
- F épaisseur: 10-12 cm - Structure fibreuse. Débris organiques non reconnaissables, de 1-2 mm de long. Nombreuses racines moyennes (\varnothing 1/2 cm) et fines. Limite nette, ondulée avec H.
- H épaisseur: 4-9 cm - pH: 3,8 - couleur: 7,5 YR 3/1. Structure: petits agrégats inférieurs à 1 mm liés lâchement entre eux et formant des « flocons ». Débris organiques inférieurs à 1 mm. Racines fines nombreuses, auxquelles sont accolées de petits agrégats de matière organique. Charbon de bois à la base de l'horizon, grains de quartz de l'ordre du mm, blancs, lavés. Limite nette avec A1.
- A1 épaisseur: 1 cm - pH 3,8 - couleur: 10 YR 4/3 (frais). texture limoneuse. Structure: microagrégats accolés les uns aux autres et formant des flocons. Grains de quartz de l'ordre du mm, blancs, mal lavés. Limite nette, ondulée avec A2.
- A2 épaisseur: 5-10 cm - pH 3,8 - couleur: 7,5 YR 7/1. Texture sablo-limoneuse; 30 % de cailloux. Structure: microagrégats formant des flocons. Très peu de racines fines. Charbon de bois. Transition graduelle avec A2Bh sur 3 cm.
- A2Bh épaisseur: 3-7 cm - pH 3,7 - couleur: 8,5 YR 5/3. Texture sablo-limoneuse. Gravier. Structure: microagrégats de matière organique et grains de quartz formant des flocons. Racines fines. Charbon de bois. Grains de quartz mal lavés, blancs. Limite pas toujours nette avec B0h.
- B0h épaisseur: 0,5-3 cm - pH 4,6 - couleur: 5 YR 3/2. Texture sablo-limoneuse. Structure fluffy. Horizon en indentation dans BFe1. Transition graduelle avec BFe1.
- BFeA11 épaisseur: 15-20 cm - pH 5,1 - couleur: 7,5 YR 5/6. Texture sablo-limoneuse. Structure fluffy près des racines, durcie ailleurs. Racines fines. Grains de quartz colorés en ocre dans la masse. Enorme quantité de Collemboles (du genre *Onychiurus*).
- BFeA12 épaisseur: 40 cm - pH 5,2 - couleur: 7,5 YR 4/4. Texture sablo-limoneuse. Structure durcie. Pas de racines. Blocs de gneiss non altérés à arêtes émoussées. Présence de mycelium jaune. Grande quantité de Collemboles.

No du relevé	PHF
Altitude (m)	1950
Pente (%)	70
Exposition	N
Surface (m ²)	50
Recouvrement: arbres (%)	20
buissons, herbes (%)	100
mousses, lichens, litière (%)	50
Nombre d'espèces (Phanérogames)	16
<i>Larix decidua</i>	+
<i>Pinus cembra</i>	2 + 1
<i>Pinus cembra</i>	+
<i>Rhododendron ferrugineum</i>	2-2
<i>Sorbus aucuparia</i>	+
<i>Vaccinium myrtillus</i>	5-5
<i>Vaccinium vitis-idea</i>	2-2
<i>Empetrum hermaphroditum</i>	+
<i>Deschampsia flexuosa</i>	1-2
<i>Calamagrostis villosa</i>	1-2
<i>Luzula silvatica</i>	1-1
<i>Listera cordata</i>	+
<i>Melampyrum silvaticum</i>	1-1
<i>Homogyne alpina</i>	1-1
<i>Hieracium gr. murorum</i>	+
<i>Oxalis acetosella</i>	1-2
<i>Saxifraga cuneifolia</i>	1-1
Mousses - Lichens	
<i>Pleurozium Schreberi</i>	3-3
<i>Hylocomium splendens</i>	2-2
<i>Hylocomium umbratum</i>	+2
<i>Ptilium sp.</i>	+2
<i>Dicranum scoparium</i>	2-2
<i>Rhytidiadelphus triquetris</i>	+2
<i>Barbilophoria lycopodioides</i>	+
<i>Peltigera aptosa</i>	+
<i>Cladonia elongata</i>	+2

LEGENDE GENERALE DES SYMBOLES UTILISES DANS LES FIGURES

- LEGENDE DER IN DEN FIGUREN VERWENDETEN SYMBOLE
- (Planches 1 à 4)
- Couche organique peu décomposée (A₀)
Wenig zersetzte organische Auflage (A₀)
- Horizon humifère particulière type «moder alpin» A₁ (F)
Humoser Horizont, teilweise vom Typ «alpiner Moder» A₁ (F)
Couche - H₁ - Auflage - H₁
- Dépôt morainique limono-sableux
Moräne, schluffig-sandig
- Dépôt morainique sablo-graveleux
Moräne, sandig-kiesig
- Dépôt argileux
Tonige Ablagerung
- Matériau schisteux en cours d'altération
Schiefriges Material, in Verwitterung
- Matériau siliceux en cours d'altération
Silikaiges Material, in Verwitterung
- Matériau siliceux en cours d'altération, avec dépôt superficiel de limons
Silikaiges Material, in Verwitterung, mit schluffiger Ablagerung an der Oberfläche
- Matériau carbonaté
Kalkhaltiges Material
- Matériau siliceux (gneiss) non altéré
Silikaisches Material (Gneiss), unverwittert
- Précipitation localisée de fer ferrique
Lokale Eisenausfällung

L'abondance des différents éléments est indiquée par l'espacement plus ou moins grand des lignes ou la densité des symboles utilisés.
Die Ausprägung des verschiedenen Elemente ist durch den Abstand der Linien oder durch die Dichte der Symbole charakterisiert.

Station St 1

Prof.	Hor.	C %	C/N	% eau	pH			Bases échangeables (m.e./100 g)					100 ^S _T	Elément libres % ...		
					eau	KCl	Ae	Ca	Mg	K	S	T		Fe	Al	Si
0-1,5	A ₁ C	0,4	20	0,35	7,75	7,25		2,6	0,08	0,2	2,9	3,0	99,0	5,6	0,4	0,2
1,5-15	C ₁	<0,1		0,14	7,65	7,0		1,1	0,04	0,4	1,6	1,7	95,2	2,9	0,3	0,2
15-30	C ₂	<0,1		0,20	7,4	7,0		1,4	0,07	0,3	1,7	1,8	98,9	5,4	0,3	0,3

Remarques : % Ca CO₃ de A₁C = 1,5.

Station St3

Eléments échangeables (m.e./100 g)															Eléments libres % ...				
Prof.	Hor.	C %	C/N	eau	% eau	pH	Ae	Bases échangeables et Mn ⁺⁺ ech.						S	T	100 ^S _T	Fe	Al	Si
							H ⁺ +Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Mn ⁺⁺								
0- 7	A1C1	0,9	25,6	0,5	5,3	4,6	0	2,2	0,3	0,2	0,04	2,7	2,8	96,1	3,0	0,3	0,2		
7-20	A1C2	0,1	n.d.	0,2	5,2	4,1	0,11	0,8	0,1	0,2	0,01	1,1	1,2	89,4	2,8	0,2	0,1		
20-35	C2	0,1	n.d.	0,2	5,7	4,6	0	1,0	0,1	0,2	0,01	1,4	1,5	95,3	n.d.	n.d.	n.d.		

Station St7

Eléments échangeables (m.e./100 g)																			
Prof.	Hor.	C %	C/N	eau	pH			Ae	Bases échangeables et Mn ⁺⁺ ech.					S	T	100 ^S _T	Eléments libres % ...		
					eau	KCl	H ⁺ +Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Mn ⁺⁺	Fe	Al				Si		
0- 1	AO _{A1}	34,2	26,1	14,4	4,7	4,3	0,11	29,6	7,4	2,6	0,65	39,6	41,8	94,7					
A ₁	A ₁	12,7	26,3	4,8	4,9	4,2	0,11	14,6	1,7	0,9	0,23	17,2	18,0	95,8					
1- 3	A ₂	0,8	25,6	0,6	4,9	4,1	0,22	2,4	0,4	0,2	0,04	2,9	3,3	88,8	1,8	0,2	0,1		
3-12	B	0,3	26,7	0,4	5,3	4,2	0,22	2,0	0,2	0,2	0,02	2,3	2,5	92,9	2,0	0,2	0,2		
12-30	C ₁	0,2	n.d.	0,3	5,8	4,8	0	1,9	0,1	0,3	0,01	2,4	2,5	96,8					
30-50	C ₂	0,1	n.d.	0,3	6,1	4,7	0	1,5	0,1	0,4	0,01	2,0	2,1	97,1	2,0	0,2	0,2		

Station de la moraine ancienne

		pH		Resultats exprimes par rapport au sol sec a l'air tamise a 2 mm														
		eau	KCl	Complexe absorbant (m e /100 g) au pH du sol														
Hor.	Prof.	1/2,5	1/2,5	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺	A _{ech}	S	T	100S _T	% eau	% C _{tot}	% N	C ₁ /N.	
A ₁	15-16	3,8	2,9	0,43	2,59	0,92	0,06	6,28	1,30	9,02	4,01	13,0	30,8	7,23	27,3	0,73	37,6	
A ₂ et A ₂ B _h	16-25	3,8	3,4	0,06	0,37	0,11	0,07	2,94	0,28	3,61	0,61	4,22	14,4	1,16	2,3	0,07	33,5	
B _h	30-35	4,2	3,9	0,04	0,58	0,10	0,02	6,50	0,24	7,06	0,76	7,80	9,4	3,28	3,0	0,10	29,7	
BFeAl	40-50	4,6	4,1	0,03	0,45	0,08	0,07	3,78		3,88	0,63	4,51	14,0	4,38	4,5	0,17	26,7	
C	70-80	4,4	4,3	0,01	0,18	0,04	0,01	1,78		1,82	0,24	2,06	11,9	2,48	1,6	0,05	31,0	

Caractéristiques des horizons séchés à 110° C								
Hor.	Prof.	% M.O.	Extractions (Fe, Al, Si)					
			Mehra-Jacson % ₆₀			Tamm % ₆₀		
			Fe	Al	Si	Fe	Al	Si
A ₁	15-16	58,8	10,3	5,6	5	4,4	5,9	0,3
A ₂ et A ₂ B _h	16-25	4,6	1,1	0,7	0,2	0,7	0,8	0
B _h	30-35	6,2	8,5	3,4	0,2	8,8	4,5	0,1
BFeAl	40-50	9,4	19,7	16,5	0,3	16,5	8,8	0,2
C	70-80	3,3	9,8	5,2	0,3	10,0	5,5	0,2

Analyses géochimiques de la terre fine (< 2 mm) / Geochemische Analyse des Feinmaterials (< 2 mm)

Planche 5